

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-333222

(43)公開日 平成5年(1993)12月17日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 2 B 6/12  
6/00

識別記号

3 0 6

庁内整理番号

F 7036-2K  
6920-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数1(全 6 頁)

(21)出願番号 特願平4-138571

(22)出願日 平成4年(1992)5月29日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社  
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 小口 泰介

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 須田 裕之

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 塙 文明

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 光石 俊郎

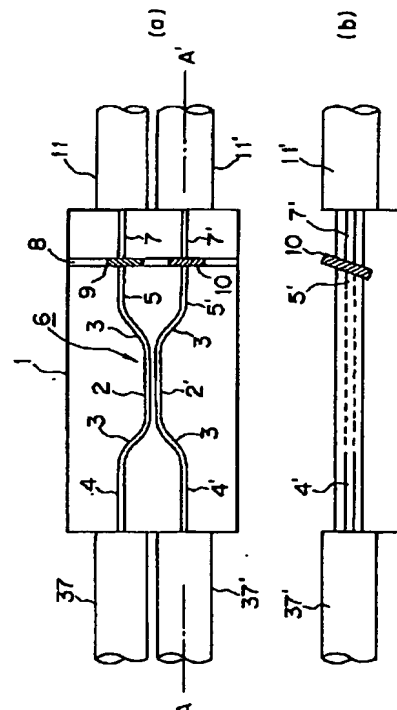
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 干渉フィルタ付光導波路

(57)【要約】

【目的】 基板上に光導波路よりなる光導波回路を構成すると共に該光導波路を横断する溝を形成し、該溝に干渉フィルタを挿入してなる干渉フィルタ付光導波路において、反射戻り光の減衰率を高める為に前記溝を傾斜させる際に、作業性を低下させず、チップの寸法を大きくさせることなく、生産性を向上させることを目的とする。

【構成】 前記溝を、基板面内において傾斜させるのではなく、深さ方向に対して垂直方向より所定の角度傾斜させるので、ウェハの状態において溝を形成する作業が容易となる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に光導波路よりなる光導波回路を構成すると共に該光導波路を横断する溝を形成し、該溝に干渉フィルタを挿入してなる干渉フィルタ付光導波路において、前記溝は、深さ方向に対して垂直方向より所定の角度傾斜していることを特徴とする干渉フィルタ付光導波路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、波長選択機能を付与した光導波路に関するものであり、複数の波長による光電送や光信号処理等に使用されるものである。

## 【0002】

【従来の技術】光導波路の一部に干渉フィルタを装荷すると、本来の光導波路機能に干渉フィルタの波長選択機能を付加することができる。そのような目的で作成される干渉フィルタ付光導波路の一例を図5に示す（高戸他、「光合分波器」、特開昭63-33713号）。図5（a）は、光導波路の平面図、図5（b）は、基板面に垂直な同図（a）中A-A'線（光軸）断面図である。同図に示すように、基板1aには方向性結合器6aを構成する結合光導波路2a、2'aが形成されると共に各結合光導波路2a、2'aの入出側に接続する光路変換用曲がり光導波路3aが各々形成され、更に、光路変換用曲がり光導波路3aの入力側に接続する入力光ファイバ接続用直線光導波路4a、4'a及びその出力側に接続する出力光ファイバ接続用直線光導波路5a、7a及び5'a、7'aが形成されている。

【0003】出力光ファイバ接続用直線光導波路5aと7aの間及び出力光ファイバ接続用直線光導波路5'aと7'aの間には、干渉フィルタ9a、10aが介装されている。干渉フィルタ9a、10aは、光導波路を横断して形成された溝8aに挿入されている。入力光ファイバ接続用直線光導波路4a、4'aには光ファイバ37a、37'aが、また、出力光ファイバ接続用直線光導波路7a、7'aには光ファイバ11a、11'aが各々、両者の光軸が一致するように連結されている。このような構成の干渉フィルタ付光導波路において、一方

$$L = -10 \cdot \log [\exp \{ (2\pi n w \theta / \lambda)^2 \}] \quad \dots (1)$$

但し、Lは反射減衰率（単位dB、フィルタ入力光と反射光の比）、wはモードフィールド半径（m）、 $\theta$ は干渉フィルタの傾斜角（単位ラジアン、垂直方向からの傾き角）、 $\lambda$ は波長（m）、nは光導波路の屈折率である。この式（1）から明らかなように、傾斜角 $\theta$ を大きくすればするほど、反射減衰率Lは大きく、つまり、反射光の減衰が大きくなる。また、必要な反射減衰率Lが判れば、式（1）から計算される傾斜角 $\theta$ だけ、干渉フィルタを傾ければ良い。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところが、従来の干渉

の入力光導波路37aから波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の光を入力すると、方向性結合器6aにおいて、波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の光のうち波長 $\lambda_1$ の光のみが、結合光導波路2aから結合光導波路2'aへ結合する。つまり、波長 $\lambda_1$ の光は、光導波路5'aへ、波長 $\lambda_2$ の光は光導波路5aへ別れて伝搬する。

【0004】しかし、方向性結合器6aの波長分離度が十分でない為、波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の光をそれぞれの光導波路5'a、5aへ完全に分離することができない。そこで、干渉フィルタ9a、10aにそれぞれ異なる波長選択性を持たせることにより、波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の光を完全に分離することとしている。即ち、干渉フィルタ9aを、波長 $\lambda_2$ の光を透過し、且つ、波長 $\lambda_1$ の光を反射するものとし、干渉フィルタ10aを、波長 $\lambda_1$ の光を透過し、且つ、波長 $\lambda_2$ の光を反射するものとすることにより、波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の光を完全に分離することができるのである。例えば、波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ として波長1.5~1.6 $\mu$ m、波長1.25~1.35 $\mu$ mと広い波長帯の光を使用する場合、損失1dB、分離度25dBとなり、十分実用的な分波特性が得られている。

【0005】ところで、干渉フィルタ9a、10aにおいて、それぞれの透過波長の透過率は100%ではないため、フィルタ面で反射する反射光には、フィルタの反射帯域の波長成分だけではなく、透過帯域の波長成分も含まれる。この為、干渉フィルタ9a、10aからの反射光が光導波路5a、5'aに逆方向に伝搬して光源まで戻ると、光源の不安定動作を招き、その結果、電送特性が劣化する問題がある。このため、干渉フィルタ9a、10aからの反射光ができるだけ光源に戻らないようにすることが、干渉フィルタ付光導波路を構成する上で重要な条件となっている。

【0006】そこで、従来では、干渉フィルタ9a、10aのフィルタ面を、光導波路5a、5'aに対して垂直ではなく、一定の角度傾けることにより、干渉フィルタ9a、10aの反射光を、光導波路5a、5'aのコア外へ放射させ、光導波路5a、5'aのコア内には結合しないようにしている。このようにすることにより、反射光は、次式に示す分だけ減衰する。

干渉フィルタ付光導波路において、干渉フィルタ9a、10aは基板1aの溝10aに挿入されているため、干渉フィルタ9a、10aを光導波路に対して傾斜角 $\theta$ とするために、溝10aを基板1aの面内において傾斜角 $\theta$ で傾斜させている。この為、従来では次のような問題があった。即ち、図6に示すように、複数の光導波路（図示省略）が形成されている円形のウェハ12aから矩形の基板を多数作製する場合、一般に、円形のウェハ12aには仕切り線13a、14aが基盤目状に形成される。そして、仕切り線13a、14aに沿ってウェハ12aを一挙に切り出すことにより、仕切り線13a、14a

によって区画された矩形の基板が光導波路チップとして多数作製される。

【0008】ここで、図5に示すように、切り出された光導波路チップと入出力光ファイバを接続する際に、光ファイバと光導波路との光軸を一致させる必要がある為、切り出し線13aは入出力光導波路と平行に、切り出し線14aは入出力光導波路と垂直になるように設定される。この為、ウェハの基板面において干渉フィルタの挿入される溝は、切り出し線14aに対して傾斜角 $\theta$ となるように溝加工している。この結果、ウェハの状態における個々の光導波路チップにおける溝の位置は、それぞれ異なる位置となる。このような溝の位置ずれは、ウェハ12a上で最も離れた光導波路チップ16a、17aとの間で最大となり、例えば、4インチのウェハ上に、傾斜角 $\theta = 6^\circ$ の溝を形成する場合、概ね $1.1\text{ cm}$  ( $= 1.0\text{ cm} \times \tan 6^\circ$ ) 位置ずれとなる。

【0009】この為、方向性結合器等の領域に溝位置が食い込み、最悪の場合には、隣のチップまで溝位置がずれて、本来形成したい位置に溝が形成できないこととなっていた。そこで、ずれの分を光導波路の設定段階で予め見込めば、これを避けることができるが、チップの寸法が大きくなり、ウェハ当たりのチップ生産量が著しく低下する。これを避ける為に、光導波路チップに切り出した後に、個々に溝加工すれば、チップ寸法を大きくせず、且つ、決まった位置に溝を加工することができるが、作業性が大幅に低下する問題がある。本発明は、上記従来技術に鑑みてなされたものであり、作業性を低下させず、チップの寸法を大きくさせることなく、高反射減衰量の干渉フィルタ付光導波路を提供することを目的とする。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】斯かる目的を達成する本発明の構成は基板上に光導波路よりなる光導波回路を構成すると共に該光導波路を横断する溝を形成し、該溝に干渉フィルタを挿入してなる干渉フィルタ付光導波路において、前記溝は、深さ方向に対して垂直方向より所定の角度傾斜していることを特徴とする。

#### 【0011】

【実施例】以下、本発明について、図面に示す実施例を参照して詳細に説明する。図1～図4に本発明の一実施例を示す。同図に示すように、Si基板1には方向性結合器6を構成する結合光導波路2、2'が形成されると共に各結合光導波路2、2'の入出力側に接続する光路変換用曲がり光導波路3が各々形成され、更に、光路変換用曲がり光導波路3の入力側に接続する入力光ファイバ接続用直線光導波路4、4'及びその出力側に接続する出力光ファイバ接続用直線光導波路5、7及び5'、7'が形成されている。光導波路2、2'、3、4、4'、5、5'、7及び7'は、比屈折率 $\Delta = 0.3\%$ 、 $8\text{ }\mu\text{m} \times 8\text{ }\mu\text{m}$ のコア形状を有している。方向性結合器

6は、波長 $1.3\text{ }\mu\text{m}$ 近傍の光と、波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ 近傍の光を分離する特性を有する。

【0012】出力光ファイバ接続用直線光導波路5と7の間及び出力光ファイバ接続用直線光導波路5'と7'の間には、干渉フィルタ9、10が配設されている。干渉フィルタ9、10は、光導波路を横断するように形成された溝8に挿入されている。この溝8は、光導波路チップの切り出し側面に対して垂直又は平行である。また、この溝8は、基板面に対して垂直方向、即ち、深さ方向について、垂直方向より傾斜角 $\theta = 6^\circ$ で傾斜している。この溝8の幅は $40\text{ }\mu\text{m}$ であり、干渉フィルタ9、10の幅は $30\text{ }\mu\text{m}$ であり、干渉フィルタ8、10は接着材により溝8内に固定されている。干渉フィルタ9は波長 $1.3\text{ }\mu\text{m}$ の光を透過し、波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ の光を反射する特性を持つ短波長通過型フィルタであり、また、干渉フィルタ10は波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ の光を透過し、波長 $1.3\text{ }\mu\text{m}$ の光を反射する特性を持つ長波長通過型フィルタである。一方、入力光ファイバ接続用直線光導波路4、4'には光ファイバ37、37'が、また、出力光ファイバ接続用直線光導波路7、7'には光ファイバ11、11'が各々、両者の光軸が一致するように接続されている。

【0013】上記構成を有する本実施例の干渉フィルタ付光導波路は、次のようにして作製する。まず、石英ガラス光導波路は、ウェハの状態におけるSi基板の上にスート堆積、ガラス化処理、ドライエッチングによるパターン化により作製する(N.Takato et.al. Electron. lett. vol. 22, pp. 321~322, 1986)。光導波路には、SiO<sub>2</sub>ガラスにTiO<sub>2</sub>が数%添加されており、TiO<sub>2</sub>の添加量により、光導波路の屈折率が制御される。

【0014】次いで、図2に示すように円形のウェハ12に対して、破線15に沿い、切り出し線13に略垂直となるように溝を順次形成した。ウェハ12は台座18に固定され、溝の形成は市販のダイシングソーを用いた。台座18はダイシングソーのブレード19に対してウェハ12の基板面が $6^\circ$ の角度をなすように傾斜している。この為、ウェハ12に作製される溝は、切り出し線13に対して略垂直であり、その基板面に対して、つまり、深さ方向に対して垂直方向より $6^\circ$ の角度をなして傾くことになる。溝加工後、ウェハ12を別の台座(図示省略)に移転し、切り出し線13、14に沿って光導波路チップに切り出し、その後、溝に干渉フィルタを挿入し、接着材で固定した。その後、比屈折率 $\Delta = 0.3\%$ 、コア径 $9\text{ }\mu\text{m}$ の単一モードファイバと接続して干渉フィルタ付光導波路とした。このようにして図3に示す干渉フィルタ付光導波路を多数個作製することができた。

【0015】作製された干渉フィルタ付光導波路の特性について測定した。その結果、一方の光ファイバから入射した $1.25\sim 1.35\text{ }\mu\text{m}$ の波長帯域と $1.5\sim 1.6\text{ }\mu\text{m}$ との混

## 5

合光のうち、前者を光ファイバ11へ、後者を光ファイバ11'に分離して出力すると、その損失は約1dBであった。また、波長分離度、即ち、一方の波長帯域の光が他方の波長帯域の光に混入する量は、-55dBであった。更に、反射減衰率は、干渉フィルタを6°に傾けた効果により、両帯域の中心波長1.31μm及び1.55μmにおいて測定限界と思われる55dBが得られた。本実施例の干渉フィルタ付光導波路は、低損失で、波長分離度及び反射減衰力が高く、且つ、作業性が良好で、チップ寸法を大きくすることはなく生産性が優れるものである。

【0016】次に、本発明の第二の実施例について、図3を参照して説明する。本実施例では、波長無依存の方向性結合器を用い、複数の光導波路を1チップ内に形成したものである。即ち、基板1上には複数の方向性結合器20が配置されると共にこれらは光導波路24、24'、25、25'、26、26'を介してそれぞれ入出力用光ファイバ18、18'、19、19'に接続している。各方向性結合器20は、波長無依存であり、二つの方向性結合器21、22からなるマッハ・ツェンダー干渉計の二つのアーム間に微小光路差を付与したものであり、平坦性の良い結合特性が得られる(K. Jinguji, 'Mach-Zehnder interferometer type optical waveguide coupler with wavelength-flattened coupling ratio', Electronics letters, vol. 26, p. 1326(1990))。基板1には、入力光導波路24、24'を横断する溝23が前述した第一の実施例と同様な方法により形成され、この溝23に干渉フィルタ27が挿入されている。多少の損失増が許容されれば、曲がり部分の光導波路26、26'に干渉フィルタ27を配設しても良い。

【0017】本実施例の干渉フィルタ付光導波路は、光ファイバの試験等で用いる光アクセッサとして好適である。例えば、入力用光ファイバ18に波長λ<sub>1</sub>のレーザダイオードを、出力用光ファイバ19に光ファイバ伝送路を接続してレーザダイオードから光信号を伝送路に送出している最中に、他方の入力用光ファイバ18'から光パルス試験器(OTDR: Optical Time Domain Reflectometer)による波長λ<sub>2</sub>のパルス試験光を結合部を介して光ファイバ伝送路に導入し、光導波路の障害探索を行うことができる(富田他、「光線路試験・管理システムの構成法」、1990年電子通信情報学会春季全国大会論文集、B-888)。この際、干渉フィルタ27として波長λ<sub>1</sub>の光を透過し、波長λ<sub>2</sub>の光を遮断するものを用いれば、光信号に影響を与えずに光パルス試験が行える。しかも、干渉フィルタが傾けられているので、レーザダイオードに戻る反射光は殆どない。

【0018】次に、本発明の第三の実施例について、図4を参照して説明する。本実施例は、方向性結合器を省略して、干渉フィルタの波長選択特性のみを付与したも

## 6

のである。即ち、基板1に設けられた直線光導波路28には干渉フィルタ29が配設され、干渉フィルタ29は、前述した実施例と同様な方法で形成された溝に挿入されている。直線光導波路28は、光を導波する機能しか持たず、波長選択特性を有しない。本実施例では、方向性結合器を持たないため、チップ寸法を極めて小さくすることが可能であり、例えば、チップの取扱性を考慮した必要最低限の大きさとして、3×5mm<sup>2</sup>とする

と、4インチウエハから500個近い干渉フィルタ付光導波路を作製することができる。尚、上記実施例で使

用した光導波路の種類及び製法、干渉フィルタの種類等は一例であり、本発明は、フィルタ機能を付加すべき光導波路の種類、イオン拡散等光導波路の製法、干渉フィルタの種類等としては、上記実施例に限るものではない。

【0019】

【発明の効果】以上、実施例に基づいて具体的に説明したように、本発明は低損失で波長分離度が良く、また、反射減衰率が高い干渉フィルタ付光導波路を作業性を低下させず、チップの寸法を大きくさせることなく、また、生産性を著しく向上させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】同図(a)は、本発明の第一の実施例に係る干渉フィルタ付光導波路の平面図、同図(b)は同図(a)中のA-A'線断面図である。

【図2】同図(a)は、切り出し線が基盤目状に形成されたウエハの平面図、同図(b)は、台座に固定されたウエハの側面図である。

【図3】本発明の第二の実施例に係る干渉フィルタ付光導波路の平面図である。

【図4】本発明の第三の実施例に係る干渉フィルタ付光導波路の平面図である。

【図5】同図(a)は、従来の干渉フィルタ付光導波路の平面図、同図(b)は同図(a)中のA-A'線断面図である。

【図6】切り出し線が基盤目状に形成されたウエハの平面図である。

【符号の説明】

1 基板

2a, 2' a, 3a, 4a, 4' a, 5a, 5' a,

2, 2', 3, 4, 4', 5, 5', 24, 25, 2

6, 28 光導波路

7, 7', 7a, 7' a, 11, 11', 11a, 1

1' a, 18, 18', 19, 19' 光ファイバ

6, 6a, 20, 22 方向性結合器

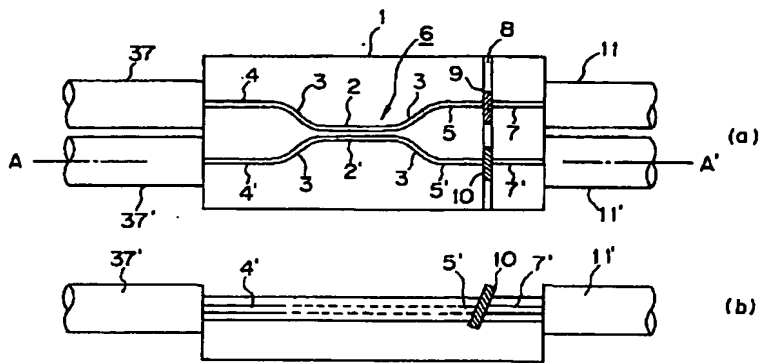
8, 23 溝

9, 9a, 10, 10a, 27, 29 干渉フィルタ

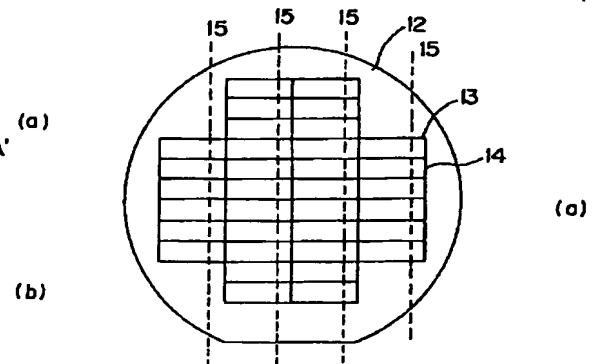
12, 12a ウエハ

13, 13a, 14, 14a チップ切り出し線

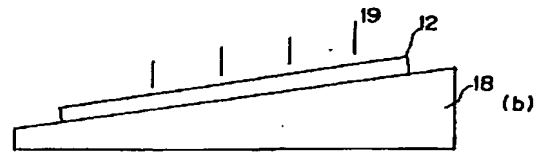
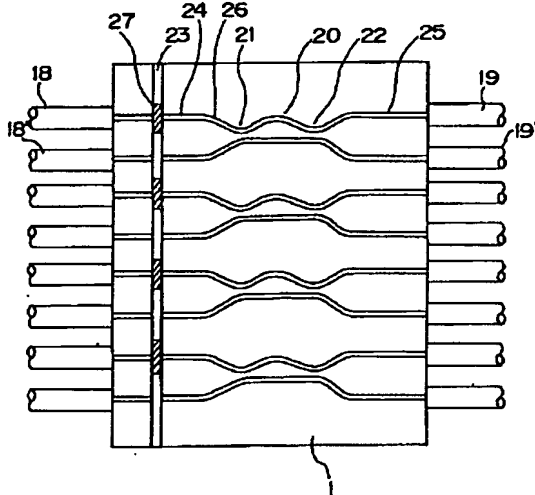
【図1】



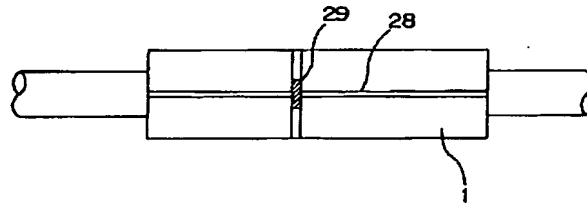
【図2】



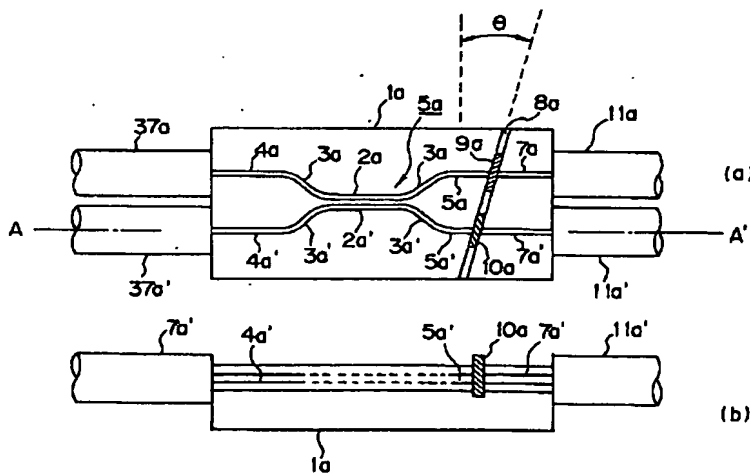
【図3】



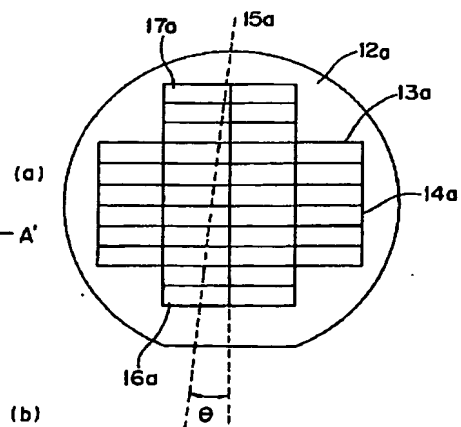
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 高戸 範夫  
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 富田 信夫  
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内